

Les nanoparticules : se méfier des idées reçues ?

Cette information est peut-être passée inaperçue aux yeux du grand public, mais les vaccins contre la COVID-19 développés par Pfizer-BioNTech utilisent des nanoparticules, et plus précisément des liposomes. Depuis une vingtaine d'années, les nanomatériaux connaissent un formidable essor, grâce au développement de nouveaux outils d'élaboration, d'observation et d'analyse. Ils permettent des avancées technologiques aussi bien en médecine qu'en électronique. Cependant, les nanosciences et les nanotechnologies génèrent des critiques et peuvent être mal perçues par l'opinion publique. Ces craintes ont été à nouveau ressenties dans l'actualité lors de la crise sanitaire liée à la COVID, avec le retour récurrent des nanoparticules dans les théories du complot. Activées par la 5G, véhiculant des morceaux de virus... ; une partie du grand public semble prêter des super pouvoirs aux nanoparticules et la science n'est à ce jour pas en mesure d'y mettre fin. Quand l'imaginaire dépasse la science... nous avons tenté de décrypter l'origine de la perception du nanomonde, avec l'aide de Sophie Carencu, jeune chercheuse en nanochimie au Laboratoire de Chimie de la Matière Condensée de Paris (LCMCP) et de Corinne Chanéac, professeure à Sorbonne Université et directrice du Centre national de compétences en nanosciences, C'Nano (UAR CNRS 2205).

À quoi servent les nanoparticules ?

La définition du terme nanoparticule n'est pas encore unifiée entre les différentes communautés scientifiques et institutionnelles. Pour certains, une nanoparticule est un nano-objet dont les trois dimensions sont à l'échelle nanométrique (diamètre inférieur à 100 nm). Pour d'autres, les nanoparticules sont un assemblage d'atomes dont au moins une des dimensions se situe à l'échelle nanométrique.

D'origine naturelle (éruption volcanique, émissions de diesel...) ou fabriquées artificiellement, les nanoparticules peuvent être constituées de n'importe quel matériau : carbone, céramiques, métaux... dont la toxicité et pénétration varient. Leur taille nanométrique peut dans certains cas leur conférer des propriétés de pénétration de la barrière encéphalique chez l'homme [1], ce qui a conduit ces dernières années à une image assez négative des nanomatériaux.

Bien que les nanoparticules soient utilisées sans les identifier comme telles depuis des siècles, les nanomatériaux connaissent un formidable essor depuis les années 2000, grâce au développement de nouveaux outils d'élaboration, d'observation et d'analyse. Ils sont aujourd'hui utilisés en électronique, optique, dans l'automobile, la cosmétique, le textile, la pharmacie, l'agroalimentaire... Bien que l'utilisation de TiO₂ a été à l'origine de scandales – alors qu'elle permet de protéger la peau contre les UV dans les crèmes solaires –, les nanoparticules sont aussi utilisées dans des objets de notre quotidien comme l'utilisation de quantum dots dans les écrans OLED.

Le développement d'un nouveau nanomatériau doit répondre à un réel besoin. Une véritable analyse bénéfice/risque doit être réalisée au premier stade de la conception en

utilisant le principe du « safe by design », c'est-à-dire dans le respect de la santé environnementale et humaine, en termes de performances et de toxicité. « *Nous tentons de cerner les concepts qui régissent le comportement des nanomatériaux, afin de tirer de grandes règles de l'ensemble des propriétés que nous observons et découvrons* » précise Sophie Carencu [2].

Du côté de l'opinion publique...

Les nanoparticules prennent une place grandissante dans les objets de notre quotidien et attisent les craintes de la société. Des études mettent en évidence que la perception des nanoparticules dépend de leur utilisation. Ainsi, les avis divergent en fonction de l'intérêt porté à l'application. On sent une espèce de fascination de la part de la société lorsque les nanotechnologies sont utilisées dans les smartphones et pour la médecine, tandis que les nanoparticules génèrent un rejet lorsqu'elles sont utilisées à des fins alimentaires et cosmétiques. Une généralisation des effets des nanoparticules et des critiques abusives s'installent. D'après un sondage de l'IPSOS, seuls 44 % des Français ont confiance dans les scientifiques pour les informer. La majorité se dit mal informée sur le sujet (69 %) [3]. On peut alors s'interroger sur la manière dont leur opinion s'est forgée. Est-ce via les médias, qui insistent sur la présence de nanoparticules qui émanent des automobiles au point d'installer une image négative ? Ou cette opinion est-elle forgée via leurs propres recherches, ou encore après discussions avec des personnes non impliquées dans le domaine ? D'après Sophie Carencu, l'un des éléments de réponse est que la société n'a pas pu mettre une image sur les nanoparticules lorsqu'elles ont commencé à être évoquées dans les médias. Le caractère invisible des nano-objets ne fait que renforcer l'angoisse et la défiance que ces questions suscitent. Cette absence de représentation a développé un imaginaire qui dépasse ce que la science peut réaliser à ce jour.

À la suite des débats sur les OGM et le nucléaire, une certaine crainte s'est développée envers cette nouvelle technologie. De plus, 60% des personnes interrogées associent les nanoparticules à la pollution [4]. Ceci renforce l'image négative de l'industrie chimique, et par conséquent la suspicion de la société envers les nanomatériaux issus de ce secteur.

Or la perception des nanotechnologies et nanomatériaux est très importante pour ne pas bloquer leur développement industriel. Il devient ainsi plus que nécessaire de fournir les outils qui permettront à la société de se forger une opinion en proposant de grandes actions permettant un échange d'informations entre chercheurs, médias, politiciens et industriels du secteur.

Une chose est sûre : les consommateurs ont le droit d'être informés de la composition de ce qu'ils utilisent, mais comment indiquer la présence de nanoparticules dans l'étiquetage ?

Un flou réglementaire dans l'étiquetage s'éclaircit

La réglementation oblige à étiqueter « NANO » les cosmétiques et produits solaires qui contiennent des nanoparticules. Dans le domaine alimentaire, il n'y a pas d'obligation d'étiquetage

pour les nanoparticules. La législation actuelle autorise l'usage de SiO_2 et TiO_2 , notés sous la forme d'additifs (E551 et E171). Les nanosciences sont une science récente et il n'existe pas de nomenclature pour désigner les nanoparticules, comme c'est le cas pour les molécules identifiées par leur numéro CAS. Faut-il alors mettre toutes les nanoparticules dans le même panier ? Bien évidemment non. La réglementation des nanotechnologies est rendue extrêmement complexe par le fait que le terme « nano » recouvre en réalité un très large panel d'applications, d'usages et de matériaux. La question des critères à prendre en compte se pose pour les classifier : taille, forme, état de surface, procédé de fabrication, naturel vs artificiel... Bien qu'il y ait des décrets sur la définition des nanoparticules et une obligation de déclaration pour toutes les filières qui utilisent, transforment et transportent des nanomatériaux, il existe encore un flou de l'étiquetage pour les industriels qui commercialisent des produits contenant des nanoparticules [5]. Ce flou s'est renforcé par un usage abusif du terme « nano » pour des buts marketing lors de la miniaturisation des objets. Aujourd'hui, les entreprises font marche arrière et tendent à gommer ce terme à connotation négative.

Au-delà de la nomenclature pour clarifier l'étiquetage, il est important que le ratio bénéfice/risque soit pris en compte lors de l'ajout de nanoparticules dans la formulation du produit. Celui-ci a-t-il un intérêt technologique ou purement esthétique ?

Dans le domaine réglementaire, les dispositions des annexes de REACH modifiées pour prendre en compte les spécificités des nanomatériaux sont entrées en vigueur au 1^{er} janvier 2020. Les industriels devront désormais fournir certaines informations complémentaires pour permettre la mise sur le marché de nanoformes de substances chimiques. Parmi les données supplémentaires demandées figurent notamment la distribution granulométrique en nombre des particules précisant la proportion de particules de dimensions comprises entre 1 et 100 nm, leur forme, leur structure cristalline, leur surface spécifique, les impuretés présentes, la pulvérulence dans le cas de poudres, ou encore l'étude de la dégradation et transformation possible de la substance au cours de son cycle de vie [6]. Il est plus que nécessaire de savoir exactement ce que l'on a synthétisé, en quelle quantité, leur lieu de stockage et pour quelles applications cela a été développé. Ce suivi commence au moment du développement du matériau, au niveau R & D, de la manipulation jusqu'au consommateur. Cette transmission de données est enrichie dans le temps et permet un suivi du cycle de vie.

L'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) poursuit le pilotage et la contribution à l'évaluation des risques liés aux nanomatériaux par la réalisation d'expertises collectives. Elle adresse des questions aux équipes de recherche dans le cadre du Programme national de recherche en santé-environnement-travail (PNR EST) qu'elle pilote.

Nanosciences et entrepreneuriat

Le Centre national de compétences en nanosciences, C'Nano, actuellement dirigé par Corinne Chanéac, est une initiative impulsée par l'Action Concertée Incitative (ACI) Nanosciences créée en 2000 par le ministère délégué à la Recherche et aux Nouvelles technologies (MRNT). Depuis 2004, C'Nano a pour mission de promouvoir la recherche, l'innovation et la formation dans les nanosciences, et de faciliter les synergies et collaborations interdisciplinaires. En effet, l'interdisciplinarité est



**École Résidentielle Interdisciplinaire
en Nanosciences et Nanotechnologies**

du 4 au 9 juillet 2021
Roz Armor, ERQUY

 contact : corinne.chaneac@sorbonne-universite.fr

une spécificité des nanosciences qui concernent les chimistes, physiciens, ingénieurs, biologistes, (éco)toxicologues, médecins, économistes, juristes, philosophes, etc. C'Nano propose chaque année un congrès national qui réunit la communauté en nanosciences et un workshop avec des groupes équivalents au Japon tous les deux ans afin de créer des liens internationaux. Il propose aussi aux doctorants/postdoctorants une école d'été avec des cours en synthèse et stabilisation colloïdale, des cours de nanofabrication, de nanoélectronique, de nanophotonique et de nanobiosciences. Et pour les doctorants et chercheurs qui voudraient se lancer dans l'entrepreneuriat mais qui ne sauraient comment faire, il existe un programme de valorisation au niveau national qui permet de passer de chercheur à créateur d'entreprises. À la fin de ce séminaire, un appel à projet de création d'entreprise est lancé avec une formation de huit semaines et un coaching personnalisé pendant dix-huit mois. Chaque année, quatre à cinq projets sont ainsi financés, donnant lieu à la création de startups.

De grandes actions autour des nanosciences ont aussi été menées avec des lycéens en Ile-de-France et en Région PACA, avec des rendus sous forme de petit journal ou de réalisations artistiques avec les professeurs de dessin, l'objectif étant de construire des objets pour mieux appréhender l'échelle nanométrique. Ils ont participé à des expositions au Palais de la découverte et à la Cité des sciences.

Le RJ-SCF – le Réseau des Jeunes chimistes de la SCF – s'engage et proposera d'ici les prochains mois l'organisation d'une table ronde avec le grand public et des scientifiques pour discuter des nanoparticules ; un rendez-vous à ne pas manquer !

[1] Les effets sur la santé reliés aux nanoparticules, IRSST, 2008, www.irsst.qc.ca/publications-et-outils/publication/i/100373/n/les-effets-sur-la-sante-relies-aux-nanoparticules-2e-edition-avril-2008-r-558

[2] La jeune garde des nanoparticules, CNRS *Le journal*, 2019, <https://lejournel.cnr.fr/articles/la-jeune-garde-des-nanoparticules>

[3] Nucléaire, OGM, nanotechnologie, réchauffement climatique : les Français doutent de la crédibilité des scientifiques, IPSOS, 2011, www.ipsos.com/fr-fr/nucleaire-ogm-nanotechnologie-rechauffement-climatique-les-francais-doutent-de-la-credibilite-des

[4] Bilan du débat public sur le développement et la régulation des nanotechnologies, Commission nationale du débat public, 2010.

[5] Éléments issus des déclarations des substances à l'état nanoparticulaire, Rapport d'étude, 2019.

[6] <https://echa.europa.eu/fr/regulations/nanomaterials>

Fannie LE FLOCH

Doctorante à l'Institut de Chimie et Matériaux Paris-Est, Université Paris XII.

Nébéwia GRIFFETE

Maître de conférences au laboratoire PHENIX, Sorbonne Université, responsable relation L'Act. Chim./SCF du RJ-SCF.

*lefloch@icmpe.cnrs.fr; nebewia.griffete@sorbonne-universite.fr